



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application No. : 10/759,112 Confirmation No. : 6929  
Applicant : Ernst AFFELDT, et al.  
Filed : January 20, 2004  
TC/A.U. : 1772  
Examiner : Unassigned  
Docket No. : 038741.53144US  
Customer No. : 23911  
Title : Component with a Platinum-Aluminum Substrate Area,  
Platinum-Aluminum Coating and Production Method

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of prior foreign application No. 103 50 727.2,  
filed in Germany on October 30, 2003, is hereby requested and the right of  
priority under 35 U.S.C. §119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of the original  
foreign application.

Respectfully submitted,

Donald D. Evenson  
Registration No. 26,160  
Lawrence E. Carter  
Registration No. 51,532

June 16, 2004

CROWELL & MORING LLP  
Intellectual Property Group  
P.O. Box 14300  
Washington, DC 20044-4300  
Telephone No.: (202) 624-2500  
Facsimile No.: (202) 628-8844

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 50 727.2

**Anmeldetag:** 30. Oktober 2003

**Anmelder/Inhaber:** MTU Aero Engines GmbH, 80995 München/DE

**Bezeichnung:** Bauteil mit einem Platin-Aluminium-Substratbereich,  
Platin-Aluminium-Beschichtung und Herstellungsverfahren

**IPC:** F 16 S, C 23 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 13. Januar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Wallner

Bauteil mit einem Platin-Aluminium-Substratbereich, Platin-Aluminium-Beschichtung  
und Herstellverfahren

Die Erfindung betrifft ein Bauteil mit einem Platin-Aluminium-Substratbereich, insbesondere ein Bauteil einer Gasturbine. Des weiteren betrifft die Erfindung eine Platin-Aluminium-Beschichtung und ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Bauteils.

Die EP 0 784 104 B1 betrifft eine Superlegierung auf Nickelbasis mit optimierter Platin-Aluminium-Beschichtung. So ist in diesem Stand der Technik ein Gegenstand mit einem Platin-Aluminium-Oberflächenbereich offenbart, wobei ein Substrat eine Substratzusammensetzung auf Nickelbasis und eine Substratoberfläche aufweist, wobei in die Substratoberfläche zuerst Platin und darauffolgend Aluminium diffundiert wird und wobei hierdurch ein Substratbereich bereitgestellt wird, der einen integrierten Aluminiumgehalt von 18 bis 24 Gew.-%, einen integrierten Plattingehalt von 18 bis 45 Gew.-% sowie im Rest Komponenten der Substrat-Massenzusammensetzung aufweist. Die Platin- und Aluminiumgehalte sind relativ hoch benachbart zur Substratoberfläche und nehmen mit zunehmendem Abstand von der Substratoberfläche in das Substrat hinein ab.

Gemäß der EP 0 784 104 B1 werden die integrierten Werte von Aluminium und Platin durch eine Integrationsmethode ermittelt, wobei der Plattingehalt sowie der Aluminiumgehalt über den Abstand von der äußeren Substratoberfläche integriert wird. Eine untere Integrationsgrenze liegt bei ca. 2-3  $\mu\text{m}$  unterhalb der Substratoberfläche. Eine obere Integrationsgrenze wird durch den Abstand von der Substratoberfläche bestimmt, bei welchem der in Gew.-% gemessene Aluminiumgehalt ausgehend von größeren Werten auf einen Betrag von 18 Gew.-% gesunken ist. Diese obere Integrationsgrenze wird sowohl für die Ermittlung des integrierten Aluminiumanteils als auch für die Ermittlung des integrierten Platinanteils verwendet.

Die in der EP 0 784 104 B1 offenbarte Platin-Aluminium-Beschichtung bzw. das dort offenbarte Bauteil mit einer solchen Beschichtung verfügt über eine niedrige Duktilität. Die niedrige Duktilität wird durch den relativ hohen Anteil an Aluminium und Platin bestimmt. Aufgrund der niedrigen Duktilität verfügen die derart beschichteten

Bauteile über eine begrenzte thermisch-mechanische Festigkeit (TMF). Bei Schaufeln von Gasturbinen, die zyklischen, thermisch-mechanischen Beanspruchungen aufgrund von Änderungen bzw. Schwankungen in der Betriebstemperatur ausgesetzt sind, können sich bei begrenzter TMF-Beständigkeit Risse ausbilden. Dies kann zu  
5 Schaufelbrüchen führen. Die Verbesserung der TMF-Beständigkeit liegt demnach im Sinne der hier vorliegenden Erfindung.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Bauteil mit einem Platin-Aluminium-Substratbereich, eine neuartige Platin-  
10 Aluminium-Beschichtung und ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Bauteils vorzuschlagen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass das eingangs genannte Bauteil durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

15 Erfindungsgemäß ist der integrierte Anteil an Aluminium (Al) und/oder der integrierte Anteil an Platin (Pt) in dem Substratbereich kleiner als 18 Gew.-%. Durch die Beschränkung des integrierten Aluminiumanteils und/oder integrierten Platinanteils auf einen Wert unterhalb von 18 Gew.-% wird die Duktilität und damit die TMF-  
20 Beständigkeit verbessert.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der Platin-Aluminium-Substratbereich einen integrierten Anteil an Aluminium (Al) zwischen 10 und 17,99 Gew.-%, einen integrierten Anteil an Platin (Pt) zwischen 5 und 40 Gew.-% und im  
25 Rest die Komponenten der Substratzusammensetzung des Bauteils auf. Besonders bevorzugt ist eine Ausgestaltung bei welcher der Platin-Aluminium-Substratbereich einen integrierten Anteil an Aluminium (Al) zwischen 10 und 17,99 Gew.-%, einen integrierten Anteil an Platin (Pt) zwischen 5 und 17,99 Gew.-% und im Rest die Komponenten der Substratzusammensetzung des Bauteils aufweist.

30 Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist das Bauteil gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 19 ausgebildet. Auch mit dieser Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Bauteils kann die Duktilität und die TMF-Beständigkeit erhöht und

damit verbessert werden. Besonders vorteilhaft ist hierbei die Bildung eines Plateaus von zumindest Platin und vorzugsweise auch Aluminium dadurch, dass der Anteil an Platin und vorzugsweise Aluminium in dem Substratbereich ausgehend von der Substratoberfläche über eine bestimmte bzw. vorgegebene Tiefe des Substratbereichs  
5 im wesentlichen konstant ist.

Weitere selbstständig schutzfähige Gegenstände, wie eine erfindungsgemäße Platin-Aluminium-Beschichtungen und Verfahren zur Herstellung von Bauteilen mit einem Platin-Aluminium-Substratbereich sind in den unabhängigen Patentansprüchen 7, 13,  
10 28 und 33 definiert. Erfindungsgemäße Verwendungen der Platin-Aluminium-Beschichtungen sind in den Patentansprüchen 11 und 12 sowie 31 und 32 beansprucht.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unter-  
15 ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

20 Fig. 1: ein erfindungsgemäß ausgebildetes Bauteil; und

Fig. 2: ein Diagramm zur Verdeutlichung einer bevorzugten Ausbildung des Platin-Aluminium-Substratbereichs des erfindungsgemäßen Bauteils.

25 Nachfolgend wird die hier vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 1 und 2 in größerem Detail beschrieben. Fig. 1 zeigt eine Schaufel 10 einer Gasturbine, nämlich eines Flugtriebwerks. Die Schaufel 10 verfügt über ein Schaufelblatt 11 sowie über ein Schaufelfuß 12.

30 Die Schaufel 10 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel im Bereich ihrer gesamten Oberfläche 13 beschichtet. Die Beschichtung im Bereich der Oberfläche 13 wird durch Eindiffundieren von Platin und Aluminium in die Oberfläche 13 ausgebildet. Die Schaufel 10 bildet demnach ein Substrat für die Beschichtung, wobei die Oberfläche

13 auch als Substratoberfläche bezeichnet wird. Schaufeln 10 für Gasturbinen verfügen in der Regel über eine Massezusammensetzung auf Basis einer Nickellegierung oder Titanlegierung. Die Massezusammensetzung der Schaufel 10 bzw. des Substrats wird auch als Substratzusammensetzung bezeichnet. Durch das Eindiffundieren von Platin und Aluminium in die Oberfläche 13 der Schaufel 10 bzw. in die Substratoberfläche des Substrats wird im Bereich der Substratoberfläche ein Platin-Aluminium-Substratbereich ausgebildet, der einerseits Platin und Aluminium sowie andererseits die Komponenten der Substratzusammensetzung bzw. Massezusammensetzung der Schaufel 10 aufweist.

10

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass der integrierte Anteil an Aluminium und/oder der integrierte Anteil an Platin in dem Substratbereich kleiner als 18 Gew.-% ist.

15 Nach einer ersten vorteilhaften Weiterbildung beträgt der integrierte Anteil an Aluminium in dem Substratbereich zwischen 10 und 17,99 Gew.-% und der integrierte Anteil an Platin in dem Substratbereich beträgt zwischen 5 und 40 Gew.-%. Durch die Beschränkung des integrierten Aluminiumanteils auf maximal 17,99 Gew.-% wird die TMF-Beständigkeit des beschichteten Bauteils deutlich verbessert. Da die Konzentration bzw. der Anteil an Aluminium im Substratbereich auf die TMF-Beständigkeit einen größeren Einfluss hat als der Platinanteil, kann dann, wenn der integrierte Aluminiumanteil im Substratbereich auf maximal 17,99 Gew.-% beschränkt ist, der integrierte Platingehalt bzw. Platinanteil bis zu 40 Gew.-% betragen. Eine derartige Beschichtung zeichnet sich nicht nur durch eine gute TMF-Beständigkeit aus, sondern stellt auch einen effektiven Schutz vor Oxidation oder auch Korrosion bereit.

25

Nach einer alternativen vorteilhaften Weiterbildung der hier vorliegenden Erfindung liegt der integrierte Anteil an Aluminium in dem Substratbereich zwischen 10 und 24 Gew.-% und der integrierte Anteil an Platin in dem Substratbereich liegt zwischen 5 und 17,99 Gew.-%. Wenn demnach der integrierte Platingehalt auf 17,99 Gew.-% beschränkt wird, kann der integrierte Anteil an Aluminium bis zu 24 Gew.-% betragen.

30

Besonders vorteilhaft ist ein Platin-Aluminium-Substratbereich, in welchem der integrierte Anteil an Aluminium in dem Substratbereich zwischen 10 und 17,99 Gew.-% und der integrierte Anteil an Platin zwischen 5 und 17,99 Gew.-% beträgt. Durch die Beschränkung der integrierten Anteile an Aluminium und Platin auf einen Anteil von weniger als 18 Gew.-% kann die TMF-Beständigkeit der Beschichtung bzw. des Substratbereichs bzw. des Bauteils mit einem solchen Substratbereich nochmals verbessert werden.

Bei den oben angegebenen Anteilen an Aluminium und Platin im Substratbereich handelt es sich um integrierte Anteile. Die integrierten Anteile werden durch eine Integrationsmethode ermittelt. Bei dieser Integrationsmethode wird eine Integration der Anteile von Aluminium sowie Platin über den Abstand von der äußeren Substratoberfläche vorgenommen, wobei die Anteile von Platin und Aluminium vom Abstand bzw. von der Tiefe relativ zu der äußeren Substratoberfläche abhängig sind. Dies kann insbesondere Fig. 2 entnommen werden.

Fig. 2 zeigt die Anteile der einzelnen Elemente der Zusammensetzung des erfindungsgemäßen Platin-Aluminium-Substratbereichs über der Schichtdicke bzw. der Tiefe bzw. dem Abstand bezüglich der äußeren Substratoberfläche. Auf der horizontal verlaufenden Achse des Diagramms gemäß Fig. 2 ist der Abstand  $x$  von der äußeren Substratoberfläche in Mikrometern ( $\mu\text{m}$ ) aufgetragen, auf der vertikal verlaufenden Achse des Diagramms gemäß Fig. 2 sind die Anteile  $I$ , insbesondere  $I_{\text{Al}}$  und  $I_{\text{Pt}}$ , der einzelnen Elemente des Platin-Aluminium-Substratbereichs in Gew.-% angegeben.

Aus Fig. 2 folgt unmittelbar, dass die Anteile von Aluminium und Platin im Substratbereich von dem Abstand  $x$  bzw. der Tiefe relativ zur äußeren Substratoberfläche abhängig sind. Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird die untere Integrationsgrenze entweder durch die Substratoberfläche selbst gebildet oder durch einen Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche. In dem Fall, in dem die untere Integrationsgrenze durch die Substratoberfläche selbst gebildet wird, beträgt  $x_{\text{min}} = 0 \mu\text{m}$ ; in dem Fall, in dem die untere Integrationsgrenze durch einen Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche gebildet wird, beträgt  $x_{\text{min}}$  vorzugsweise  $5 \mu\text{m}$ . Eine obere Integrationsgrenze  $x_{\text{max}}$  wird durch den Abstand bzw. durch die Tiefe bezüglich

der Substratoberfläche gebildet, bei welcher sowohl der Anteil an Platin auf 5 Gew.-% und als auch der Anteil an Aluminium auf 8 Gew.-% gesunken sind und im weiteren Verlauf unter diesen genannten Grenzen bleiben. Diese obere Integrationsgrenze  $x_{\max}$  wird sowohl für die Ermittlung des integrierten Anteils an Aluminium als auch für die Ermittlung des integrierten Anteils an Platin verwendet. Der Wert des Integrals wird dann noch durch die Differenz zwischen der oberen Integrationsgrenze  $x_{\max}$  und der unteren Integrationsgrenze  $x_{\min}$  dividiert, so dass für die Ermittlung der integralen Mittelwerte von Aluminium und Platin gilt:

$$\bar{I}_{Al-int} = \frac{1}{x_{\max} - x_{\min}} * \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} I_{Al}(x) dx$$

$$\bar{I}_{Pt-int} = \frac{1}{x_{\max} - x_{\min}} * \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} I_{Pt}(x) dx$$

wobei:

	$\bar{I}_{Pt-int}$	=	integraler Mittelwert von Platin
15	$\bar{I}_{Al-int}$	=	integraler Mittelwert von Aluminium
	$I_{Pt}(x)$	=	Anteil an Platin als Funktion von x
	$I_{Al}(x)$	=	Anteil an Aluminium als Funktion von x
	x	=	Abstand bzw. Tiefe von der äußeren Substratoberfläche
	$x_{\min}$	=	untere Integrationsgrenze
20	$x_{\max}$	=	obere Integrationsgrenze

Der mit der obigen Integrationsmethode bestimmte Wert des integrierten Anteils an Aluminium (Al) beträgt für das in Fig. 2 gezeigte Ausführungsbeispiel 12 Gew.-%, der integrierte Anteil an Platin (Pt) beträgt 19 Gew.-%. Für das Ausführungsbeispiel der Fig. 2 liegt demnach der integrierte Anteil an Aluminium im Substratbereich unter 18 Gew.-%.



Das in Fig. 2 grafisch dargestellte, konkrete Ausführungsbeispiel eines Bauteils mit einem Platin-Aluminium-Substratbereich betrifft ein Bauteil mit einer Massezusammensetzung bzw. Substratzusammensetzung auf Basis einer Nickellegierung. Die der Fig. 2 zugrundeliegenden Anteile von Aluminium, Platin und den Komponenten der Substratzusammensetzung sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

	Al	Ti	Cr	Co	Ni	Mo	Ta	W	Re	Pt
5	16,19	0,06	1,85	5,95	49,52	0,65	1,32	0,83	0,00	23,63
10	15,29	0,10	2,35	6,04	49,19	0,64	0,89	0,00	0,07	25,43
15	14,88	0,03	2,14	6,30	49,53	0,72	0,93	0,07	0,00	25,40
20	14,82	0,07	2,34	6,33	49,09	0,23	1,68	0,00	0,00	25,45
25	14,34	0,05	2,75	6,55	48,82	0,49	1,57	1,13	0,00	24,30
30	13,97	0,05	2,88	6,56	47,73	0,80	3,07	1,31	0,00	23,63
35	13,22	0,00	3,30	6,65	46,38	0,90	3,13	1,88	1,25	23,29
40	12,65	0,00	3,54	6,91	44,83	1,11	5,74	3,37	0,73	21,13
45	11,27	0,00	3,43	7,14	43,57	1,06	7,20	3,85	2,33	20,15
50	10,35	0,02	4,09	7,81	41,53	1,24	8,81	6,22	2,62	17,32
55	7,53	0,04	4,27	8,30	35,61	2,42	15,39	9,40	3,63	13,41
60	10,02	0,05	4,16	7,86	46,26	1,47	8,99	4,81	1,83	14,56
65	9,15	0,12	4,57	8,95	46,53	1,86	6,91	6,49	2,68	12,72
70	7,82	0,11	4,66	9,41	49,92	1,54	7,34	7,39	2,35	9,47
80	5,35	0,01	3,57	9,77	56,19	1,21	12,77	5,02	1,34	4,77
90	5,32	0,07	4,87	10,73	60,10	1,33	7,97	6,93	2,11	0,57
100	4,64	0,00	6,18	10,63	58,68	2,04	7,41	7,30	3,11	0,00

Wie dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 entnommen werden kann, ist der Anteil von Platin sowie der Anteil von Aluminium über die Tiefe des Substratbereichs bzw. den Abstand von der Substratoberfläche im Wesentlichen konstant, und zwar ausgehend von der Substratoberfläche oder einem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche bis zu einer vorgegebenen Tiefe. Diese vorgegebene Tiefe beträgt mindestens 20 %, vorzugsweise mindestens 30 %, besonders bevorzugt mindestens 40 % der oben beschriebenen, oberen Integrationsgrenze  $x_{\max}$ . Die obere Integrationsgrenze  $x_{\max}$  wird, wie oben beschrieben, durch den Abstand bzw. durch die Tiefe bezüglich der Substratoberfläche gebildet, bei welcher sowohl der Anteil an Platin auf 5 Gew.-% und als auch der Anteil an Aluminium auf 8 Gew.-% gesunken sind und im weiteren Verlauf unter diesen genannten Grenzen bleiben.

20

Ausgehend von der Substratoberfläche oder einem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche liegt zumindest die obere Hälfte des obigen Substratsbereichs, der einerseits von der Substratoberfläche oder einem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche und andererseits durch die obere Integrationsgrenze  $x_{\max}$

begrenzt wird, überwiegend, also in einem Anteil von größer als 50%, in der  $\beta$ -NiAl-Struktur vor.

Die obere Integrationsgrenze  $x_{\max}$  liegt im gezeigten Ausführungsbeispiel bei in etwa 80  $\mu\text{m}$ . Der Anteil von Platin sowie der Anteil von Aluminium ist im gezeigten Ausführungsbeispiel demnach bis zu einer Tiefe von mindestens in etwa 16  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise mindestens in etwa 24  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt mindestens in etwa 32  $\mu\text{m}$  im Wesentlichen konstant.

10 In diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass im Sinne der hier vorliegenden Erfindung der Anteil an Aluminium sowie Platin dann als im Wesentlichen konstant angesehen werden soll, wenn die Schwankung um den bei 5  $\mu\text{m}$  vorliegenden Anteil maximal in etwa  $\pm 10\%$  beträgt. Bevorzugt sind jedoch Schwankungen von maximal  $\pm 7,5\%$ , besonders bevorzugt sind Schwankungen von maximal  $\pm 5\%$  um den bei 5  $\mu\text{m}$  vor-  
15 liegenden Anteil.

Schwankungen von maximal in etwa  $\pm 10\%$  werden im in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel für Platin bis zu einer Tiefe von in etwa 40  $\mu\text{m}$  (50 % von  $x_{\max}$ ) von der Substratoberfläche eingehalten. Für Aluminium werden im in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel Schwankungen von maximal in etwa  $\pm 10\%$  bis zu einer Tiefe von in etwa 25  $\mu\text{m}$  (32 % von  $x_{\max}$ ) von der Substratoberfläche eingehalten.  
20

Im gezeigten Ausführungsbeispiel beträgt der Aluminiumanteil bei 5  $\mu\text{m}$  16,19 Gew.-%. Der Platinanteil bei 5  $\mu\text{m}$  liegt im gezeigten Ausführungsbeispiel bei 23,63 Gew.-%.  
25 Die genauen prozentualen Abweichungen sind aus der oben angegebenen Tabelle errechenbar. So gilt:

Die prozentuale Abweichung des Aluminiumanteils bezogen auf den bei 5  $\mu\text{m}$  vorliegenden Aluminiumanteil beträgt bei 10  $\mu\text{m}$  in etwa 5,5%, bei 15  $\mu\text{m}$  in etwa 8,1%, bei 20  $\mu\text{m}$  in etwa 8,4%, bei 25  $\mu\text{m}$  in etwa 11,4%, 30  $\mu\text{m}$  in etwa 13,7%, bei 35  $\mu\text{m}$  in etwa 18,3% und bei 40  $\mu\text{m}$  in etwa 21,8%.  
30

Die prozentuale Abweichung des Platinanteils bezogen auf den bei 5 µm vorliegenden Platinanteil beträgt bei 10 µm in etwa 7,6%, bei 15 µm in etwa 7,5%, bei 20 µm in etwa 7,7%, bei 25 µm in etwa 2,8%, 30 µm in etwa 0%, bei 35 µm in etwa 1,4% und bei 40 µm in etwa 10,5%.

5

Durch den im Wesentlichen konstanten Verlauf der Anteile an Aluminium und Platin im Substratbereich wird sowohl für Aluminium als auch für Platin in diesem Substratbereich ein Plateau gebildet. Dies ist ein weiteres Unterscheidungskriterium der hier vorliegenden Erfindung gegenüber aus dem Stand der Technik bekannten Platin-Aluminium-Substratbereichen bzw. entsprechenden Beschichtungen. So nimmt bei  
10 aus dem Stand der Technik bekannten Platin-Aluminium-Substratbereichen ausgehend von der Substratoberfläche der Anteil an Aluminium sowie der Anteil an Platin mit zunehmender Tiefe bzw. Substratbereichstiefe deutlich und schnell ab. Die hier vorliegende Erfindung verfügt demnach gegenüber den Stand der Technik über den  
15 Vorteil, dass über eine relativ große Substratbereichstiefe ein Platin-Aluminium-Substratbereich mit in einer im Wesentlichen unveränderten Zusammensetzung und damit im Wesentlichen unveränderten Eigenschaften geschaffen wird. Demnach erfüllt die Platin-Aluminium-Beschichtung bzw. der Platin-Aluminium-Substratbereich im Sinne der hier vorliegenden Erfindung auch dann noch seine Funktion, wenn sich  
20 an der Oberfläche des Bauteils bzw. Substratbereichs ein Materialabtrag einstellen sollte.

Ein weiteres konkretes Ausführungsbeispiel eines Bauteils mit einem erfindungsgemäßen Platin-Aluminium-Substratbereich betrifft ebenfalls ein Bauteil mit einer Mas-  
25 sezusammensetzung bzw. Substratzusammensetzung auf Basis einer Nickellegierung. Die Anteile von Aluminium, Platin und den Komponenten der Substratzusammensetzung für dieses weitere konkrete Ausführungsbeispiel sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

	Al	Ti	Cr	Co	Ni	Mo	Ta	W	Re	Pt
5	18,94	0,00	2,18	6,56	57,83	0,33	0,08	0,22	0,00	13,86
10	18,29	0,01	2,35	6,28	56,42	0,56	1,03	0,18	0,00	14,86
15	17,39	0,05	2,54	6,75	56,09	0,40	0,63	0,53	0,00	15,61
20	17,02	0,00	2,67	6,70	52,48	0,57	2,45	0,49	1,16	16,48
25	16,18	0,04	2,89	7,11	54,54	0,71	1,95	1,09	0,29	15,19
30	15,37	0,00	2,98	7,15	50,38	0,85	3,84	2,46	1,32	15,65
35	13,47	0,00	4,02	7,70	47,98	1,60	4,12	5,37	2,46	13,28
40	11,70	0,22	3,95	8,14	44,92	1,13	12,24	5,60	0,63	11,46
45	11,01	0,00	4,36	7,83	42,89	1,72	11,99	6,42	2,92	10,86
50	10,27	0,09	4,23	8,48	40,93	1,46	13,54	8,91	2,01	10,09
55	10,07	0,00	5,13	9,02	43,65	1,90	11,50	8,79	2,15	7,80
65	5,70	0,00	5,28	9,48	39,90	2,91	18,26	10,50	3,38	4,60
75	6,49	0,01	5,25	10,04	53,51	1,72	7,78	7,92	3,67	3,62
85	4,67	0,00	5,36	9,97	60,29	1,31	8,58	7,90	1,91	0,00

Für dieses Ausführungsbeispiel beträgt der integrierte Anteil an Aluminium (Al) 13 Gew.-% und der integrierte Anteil an Platin (Pt) beträgt ebenfalls 13 Gew.-%. Für dieses Ausführungsbeispiel liegen demnach der integrierte Anteil an Aluminium und Platin im Substratbereich unter 18 Gew.-%.

Die oben im Detail beschriebene, erfindungsgemäße Beschichtung eignet sich insbesondere als Korrosionsschutzschicht, insbesondere als Heißgas-Korrosionsschutzschicht.

Zur Herstellung des erfindungsgemäßen Bauteils bzw. der erfindungsgemäßen Platin-Aluminium-Beschichtung wird im Sinne des erfindungsgemäßen Verfahrens so vorgegangen, dass zuerst ein zu beschichtendes Bauteil, im gezeigten Ausführungsbeispiel eine zu beschichtende Schaufel 10 einer Gasturbine, bereitgestellt wird, die über eine Substratzusammensetzung sowie eine Substratoberfläche verfügt. Anschließend wird Platin in die Substratoberfläche eindiffundiert. Nach dem Eindiffundieren des Platins in die Substratoberfläche wird Aluminium in dieselbe eindiffundiert. Das Eindiffundieren von Platin sowie das darauffolgende Eindiffundieren von Aluminium wird demnach in nacheinanderfolgenden Verfahrensschritten vorgenommen.

Das Eindiffundieren von Platin sowie Aluminium wird dabei so vorgenommen, dass einerseits der integrierte Anteil an Aluminium und/oder der integrierte Anteil an Platin in dem sich durch die Beschichtung einstellenden Platin-Aluminium-

Substratbereich kleiner als 18 Gew.-% ist, und dass andererseits der Anteil an Aluminium und/oder Platin in dem sich ausbildenden Substratbereich ausgehend von der Substratoberfläche über eine vorgegebene Tiefe des Substratbereichs im Wesentlichen konstant ist.

5

Zum Eindiffundieren von von Aluminium wird ein Beschichtungsgranulat mit geringer Aktivität verwendet. Dies bedeutet, dass im Granulat der Anteil von Aluminium relativ gering ist. Beim Beschichten, was vorzugsweise als Gasphasen-Beschichten in einem geschlossenen Beschichtungsraum vorgenommen wird, wird durch eine Gasumwälzung die Beschichtungsaktivität in der Nähe der zu beschichtenden Substratoberfläche über die gesamte Beschichtungszeit im Wesentlichen konstant gehalten. Dies wird durch die Gasumwälzung im Beschichtungsraum gewährleistet. Die Beschichtung mit geringer Aktivität und dafür jedoch in etwa konstanter Aktivität in den Nähe der zu beschichtenden Substratoberfläche ermöglicht die Plateaubildung von Aluminium und Platin im Substratbereich.

10  
15

Es sei darauf hingewiesen, dass im gezeigten Ausführungsbeispiel nicht nur der integrierte Anteil an Aluminium unter 18 Gew.-% liegt, sondern vielmehr über die gesamte Substratbereichstiefe des Platin-Aluminium-Substratbereichs der Anteil an Aluminium unter 18 Gew.-% liegt. Der Anteil an Platin liegt im gezeigten Ausführungsbeispiel stets unter 24 Gew.-%.

20

Bezugszeichenliste

	10	Schaufel
5	11	Schaufelblatt
	12	Schaufelfuß
	13	Oberfläche



tin auf 5 Gew.-% und als auch der Anteil an Aluminium auf 8 Gew.-% gesunken sind und im weiteren Verlauf unter diesen genannten Grenzen bleiben, begrenzt ist, überwiegend, also in einem Anteil von größer als 50%, in der  $\beta$ -NiAl-Struktur vorliegt.

5

6. Bauteil nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil (10) als Gasturbinenbauteil, insbesondere als Bauteil eines Flugtriebwerks, ausgebildet ist und eine Massezusammensetzung auf Basis einer Nickellegierung oder Titanlegierung aufweist, wobei das Bauteil (10) vorzugsweise als Schaufel einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks, ausgebildet ist.

10

15

7. Platin-Aluminium-Beschichtung für ein Bauteil, insbesondere ein Gasturbinenbauteil, wobei das Bauteil eine Substratzusammensetzung aufweist, und wobei die Beschichtung durch Eindiffundieren von Platin (Pt) und Aluminium (Al) in eine Substratoberfläche (13) des Bauteils (10) gebildet ist und hierdurch einen Substratbereich des Bauteils bildet, der Platin (Pt) und Aluminium (Al) und die Komponenten der Substratzusammensetzung aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der integrierte Anteil an Aluminium (Al) und/oder der integrierte Anteil an Platin (Pt) in dem Substratbereich kleiner als 18 Gew.-% ist.

20

25

8. Beschichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der integrierte Anteil an Aluminium (Al) in dem Substratbereich zwischen 10 und 17,99 Gew.-% und der integrierte Anteil an Platin (Pt) in dem Substratbereich zwischen 5 und 40 Gew.-% beträgt.

30

9. Beschichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der integrierte Anteil an Platin (Pt) in dem Substratbereich zwischen 5 und 17,99 Gew.-% und der integrierte Anteil an Aluminium (Al) in dem Substratbereich zwischen 10 und 24 Gew.-% beträgt.

10. Beschichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der integrierte Anteil an Aluminium (Al) in dem Substratbereich zwischen 10 und 17,99 Gew.-% und der integrierte Anteil an Platin (Pt) in dem Substratbereich zwischen 5 und 17,99 Gew.-% beträgt.
- 5
11. Verwendung einer Beschichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 10 als Korrosionsschutzschicht.
12. Verwendung einer Beschichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 10 als Heißgas-Korrosionsschutzschicht.
- 10
13. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils mit einem Platin-Aluminium Substratbereich, mit folgenden Schritten:
- 15
- a) Bereitstellen eines Bauteils (10) mit einer Substratoberfläche (13) und einer Substratzusammensetzung,
  - b) anschließendes Eindiffundieren von Platin (Pt) in die Substratoberfläche (13) des Bauteils (10),
  - c) darauffolgendes Eindiffundieren von Aluminium (Al) in die Substratoberfläche (13) des Bauteils (10), sodass das Bauteil mit dem Platin-Aluminium-Substratbereich vorliegt, wobei der integrierte Anteil an Aluminium (Al) und/oder der integrierte Anteil an Platin (Pt) in dem Platin-Aluminium-Substratbereich kleiner als 18 Gew.-% ist.
- 20
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Eindiffundieren derart durchgeführt wird, dass der Platin-Aluminium-Substratbereich einen integrierten Anteil an Aluminium (Al) zwischen 10 und 17,99 Gew.-%, einen integrierten Anteil an Platin (Pt) zwischen 5 und 40 Gew.-% und im Rest die Komponenten der Substratzusammensetzung des Bauteils aufweist.
- 25
15. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Eindiffundieren derart durchgeführt wird, dass der Platin-Aluminium-Substratbereich einen integrierten Anteil an Aluminium (Al) zwischen 10
- 30



und 24 Gew.-% , einen integrierten Anteil an Platin (Pt) zwischen 5 und 17,99 Gew.-% und im Rest die Komponenten der Substratzusammensetzung des Bauteils aufweist.

- 5     16.     Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Eindiffundieren derart durchgeführt wird, dass der Platin-Aluminium-Substratbereich einen integrierten Anteil an Aluminium (Al) zwischen 10 und 17,99 Gew.-% , einen integrierten Anteil an Platin (Pt) zwischen 5 und 17,99 Gew.-% und im Rest die Komponenten der Substratzusammensetzung des Bauteils aufweist.
- 10
17.     Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Bauteil ein Gasturbinenbauteil, insbesondere eine Schaufel eines Flugtriebwerks, bereitgestellt wird.
- 15
18.     Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Bauteil mit einer Massezusammensetzung auf Basis einer Nickellegierung oder Titanlegierung bereitgestellt wird.
- 20
19.     Bauteil mit einem Platin-Aluminium-Substratbereich, insbesondere Bauteil einer Gasturbine, mit einer Substratoberfläche (13) und einer Substratzusammensetzung des Bauteils (10), und mit einem im Bereich der Substratoberfläche (13) des Bauteils durch Eindiffundieren von Platin (Pt) und Aluminium (Al) in die Substratoberfläche (13) ausgebildeten Substratbereich, der Platin (Pt) und Aluminium (Al) und die Komponenten der Substratzusammensetzung aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anteil an Platin (Pt) und/oder der Anteil an Aluminium (Al) in dem Substratbereich ausgehend von der Substratoberfläche (13) über eine Tiefe des Substratbereichs im wesentlichen konstant ist, wobei der Anteil von Platin (Pt) ausgehend von der Substratoberfläche oder einem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche bis zu einer vorgegebenen Substratbereichstiefe um maximal  $\pm 10\%$ , vorzugsweise um maximal  $\pm 7,5\%$  oder maximal  $\pm 5\%$ , um den Anteil schwankt.
- 25
- 30

20. Bauteil nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorgegebenen Substratbereichstiefe, bis zu welcher der Anteil an Platin (Pt) ausgehend von der Substratoberfläche oder einem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche im wesentlichen konstant ist, mindestens 20 % einer Substratbereichstiefe beträgt, bei welcher sowohl der Anteil an Platin auf 5 Gew.-% und als auch der Anteil an Aluminium auf 8 Gew.-% gesunken sind und im weiteren Verlauf unter diesen genannten Grenzen bleiben.
- 5
- 10 21. Bauteil nach Anspruch 19 oder 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorgegebenen Substratbereichstiefe, bis zu welcher der Anteil an Platin (Pt) ausgehend von der Substratoberfläche oder einem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche im wesentlichen konstant ist, mindestens 30 %, insbesondere bevorzugt mindestens 40 %, einer Substratbereichstiefe beträgt, bei welcher sowohl der Anteil an Platin auf 5 Gew.-% und als auch der Anteil an Aluminium auf 8 Gew.-% gesunken sind und im weiteren Verlauf unter diesen genannten Grenzen bleiben.
- 15
22. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche bei einer Substratbereichstiefe von in etwa 5 µm unterhalb der Substratoberfläche liegt.
- 20
23. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anteil von Aluminium (Al) an jeder Stelle unterhalb von 18 Gew.-% liegt.
- 25
24. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich der Anteil von Aluminium (Al) ausgehend von der Substratoberfläche oder dem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche bis zu einer vorgegebenen Substratbereichstiefe um maximal  $\pm 10\%$ , vorzugsweise um maximal  $\pm 7,5\%$  oder maximal  $\pm 5\%$ , um den Anteil schwankt.
- 30

25. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorgegebenen Substratbereichstiefe, bis zu welcher der Anteil an Aluminium (Al) ausgehend von der Substratoberfläche oder einem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche im wesentlichen konstant ist, mindestens 20 % der Substratbereichstiefe beträgt, bei welcher sowohl der Anteil an Platin auf 5 Gew.-% und als auch der Anteil an Aluminium auf 8 Gew.-% gesunken sind und im weiteren Verlauf unter diesen genannten Grenzen bleiben.
26. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorgegebenen Substratbereichstiefe, bis zu welcher der Anteil an Aluminium (Al) ausgehend von der Substratoberfläche oder einem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche im wesentlichen konstant ist, mindestens 30 %, bevorzugt mindestens 40%, der Substratbereichstiefe beträgt, bei welcher sowohl der Anteil an Platin auf 5 Gew.-% und als auch der Anteil an Aluminium auf 8 Gew.-% gesunken sind und im weiteren Verlauf unter diesen genannten Grenzen bleiben.
27. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** ausgehend von der Substratoberfläche oder einem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche zumindest die obere Hälfte eines Substratsbereichs, der einerseits von der Substratoberfläche oder dem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche und andererseits durch die Substratbereichstiefe, bei welcher sowohl der Anteil an Platin auf 5 Gew.-% und als auch der Anteil an Aluminium auf 8 Gew.-% gesunken sind und im weiteren Verlauf unter diesen genannten Grenzen bleiben, begrenzt ist, überwiegend, also in einem Anteil von größer als 50%, in der  $\beta$ -NiAl-Struktur vorliegt.
28. Platin-Aluminium-Beschichtung für ein Bauteil, insbesondere ein Gasturbinenbauteil, wobei das Bauteil eine Substratzusammensetzung aufweist, und wobei die Beschichtung durch Eindiffundieren von Platin (Pt) und Aluminium

(Al) in eine Substratoberfläche (13) des Bauteils (10) gebildet ist und hierdurch einen Substratbereich des Bauteils bildet, der Platin (Pt) und Aluminium (Al) und die Komponenten der Substratzusammensetzung aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anteil an Aluminium (Al) und/oder der Anteil an Platin (Pt) in dem Substratbereich ausgehend von der Substratoberfläche über eine Tiefe des Substratbereichs im wesentlichen konstant ist, wobei der Anteil von Aluminium (Al) und/oder von Platin (Pt) ausgehend von der Substratoberfläche oder einem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche bis zu einer vorgegebenen Substratbereichstiefe um maximal  $\pm 10\%$ , vorzugsweise um maximal  $\pm 7,5\%$  oder maximal  $\pm 5\%$ , um den Anteil schwankt.

29. Platin-Aluminium-Beschichtung nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorgegebenen Substratbereichstiefe, bis zu welcher der Anteil an Platin (Pt) und/oder Aluminium (Al) ausgehend von der Substratoberfläche oder einem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche im wesentlichen konstant ist, mindestens 20%, vorzugsweise mindestens 30%, einer Substratbereichstiefe beträgt, bei welcher sowohl der Anteil an Platin auf 5 Gew.-% und als auch der Anteil an Aluminium auf 8 Gew.-% gesunken sind und im weiteren Verlauf unter diesen genannten Grenzen bleiben.

30. Platin-Aluminium-Beschichtung nach Anspruch 28 oder 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** ausgehend von der Substratoberfläche oder einem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche zumindest die obere Hälfte eines Substratsbereichs, der einerseits von der Substratoberfläche oder dem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche und andererseits durch die Substratbereichstiefe, bei welcher sowohl der Anteil an Platin auf 5 Gew.-% und als auch der Anteil an Aluminium auf 8 Gew.-% gesunken sind und im weiteren Verlauf unter diesen genannten Grenzen bleiben, begrenzt ist, überwiegend, also in einem Anteil von größer als 50%, in der  $\beta$ -NiAl-Struktur vorliegt.

31. Verwendung einer Beschichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 28 bis 30 als Korrosionsschutzschicht.
- 5 32. Verwendung einer Beschichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 28 bis 30 als Heißgas-Korrosionsschutzschicht.
- 10 33. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils mit einem Platin-Aluminium Substratbereich, mit folgenden Schritten:
- a) Bereitstellen eines Bauteils (10) mit einer Substratoberfläche (13) und einer Substratzusammensetzung,
  - b) anschließendes Eindiffundieren von Platin (Pt) in die Substratoberfläche (13) des Bauteils (10),
  - c) darauffolgendes Eindiffundieren von Aluminium (Al) in die Substratoberfläche (13) des Bauteils (10), sodass der Anteil an Aluminium (Al) und/oder der Anteil an Platin (Pt) in dem Substratbereich ausgehend von der Substratoberfläche über eine Tiefe des Substratbereichs im wesentlichen konstant ist, wobei der Anteil von Aluminium (Al) und/oder von Platin (Pt) ausgehend von der Substratoberfläche oder einem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche bis zu einer vorgegebenen Substratbereichstiefe um maximal  $\pm 10\%$ , vorzugsweise um maximal  $\pm 7,5\%$  oder maximal  $\pm 5\%$ , um den Anteil schwankt
- 20
- 25 34. Verfahren nach Anspruch 33, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Eindiffundieren von Aluminium (Al) in die Substratoberfläche (13) des Bauteils (10) gemäß Schritt c) derart durchgeführt wird, dass die vorgegebenen Substratbereichstiefe, bis zu welcher der Anteil an Platin (Pt) und/oder Aluminium (Al) ausgehend von der Substratoberfläche oder einem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche im wesentlichen konstant ist, mindestens 20%, vorzugsweise mindestens 30%, einer Substratbereichstiefe beträgt, bei welcher sowohl der Anteil an Platin auf 5 Gew.-% und als auch der Anteil an Aluminium auf 8 Gew.-% gesunken sind und im weiteren Verlauf unter diesen genannten Grenzen bleiben.
- 30

35. Verfahren nach Anspruch 33 oder 34, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Eindiffundieren von Platin (Pt) und zum anschließenden Eindiffundieren von Aluminium (Al) ein Beschichtungsgranulat mit geringer Aktivität verwendet wird, wobei die Aktivität des Beschichtungsgranulats in der Nähe der zu beschichtenden Substratoberfläche über die Beschichtungszeit im wesentlichen konstant gehalten wird.
- 5

## Zusammenfassung

Die Erfindung mit ein Bauteil mit einem Platin-Aluminium-Substratbereich, insbesondere ein Bauteil einer Gasturbine, mit einer Substratoberfläche und einer Substratzusammensetzung des Bauteils, und mit einem im Bereich der Substratoberfläche des Bauteils durch Eindiffundieren von Platin und Aluminium in die Substratoberfläche ausgebildeten Substratbereich, der Platin und Aluminium und die Komponenten der Substratzusammensetzung aufweist.

- 10 Erfindungsgemäß ist der integrierte Anteil an Aluminium und/oder der integrierte Anteil an Platin in dem Substratbereich kleiner als 18 Gew.-%.

Erfindungsgemäß ist weiterhin der Anteil an Platin (Pt) und/oder der Anteil an Aluminium (Al) in dem Substratbereich ausgehend von der Substratoberfläche (13) über eine Tiefe des Substratbereichs im wesentlichen konstant, wobei der Anteil von Platin (Pt) ausgehend von der Substratoberfläche oder einem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche bis zu einer vorgegebenen Substratbereichstiefe um maximal  $\pm 10\%$ , vorzugsweise um maximal  $\pm 7,5\%$  oder maximal  $\pm 5\%$ , um den Anteil schwankt. Die vorgegebenen Substratbereichstiefe, bis zu welcher der Anteil an Aluminium (Al) ausgehend von der Substratoberfläche oder einem Punkt unmittelbar unterhalb der Substratoberfläche im wesentlichen konstant ist, liegt bei mindestens 20 % der Substratbereichstiefe, bei welcher sowohl der Anteil an Platin auf 5 Gew.-% und als auch der Anteil an Aluminium auf 8 Gew.-% gesunken sind und im weiteren Verlauf unter diesen genannten Grenzen bleiben.

- 25 Fig. 2

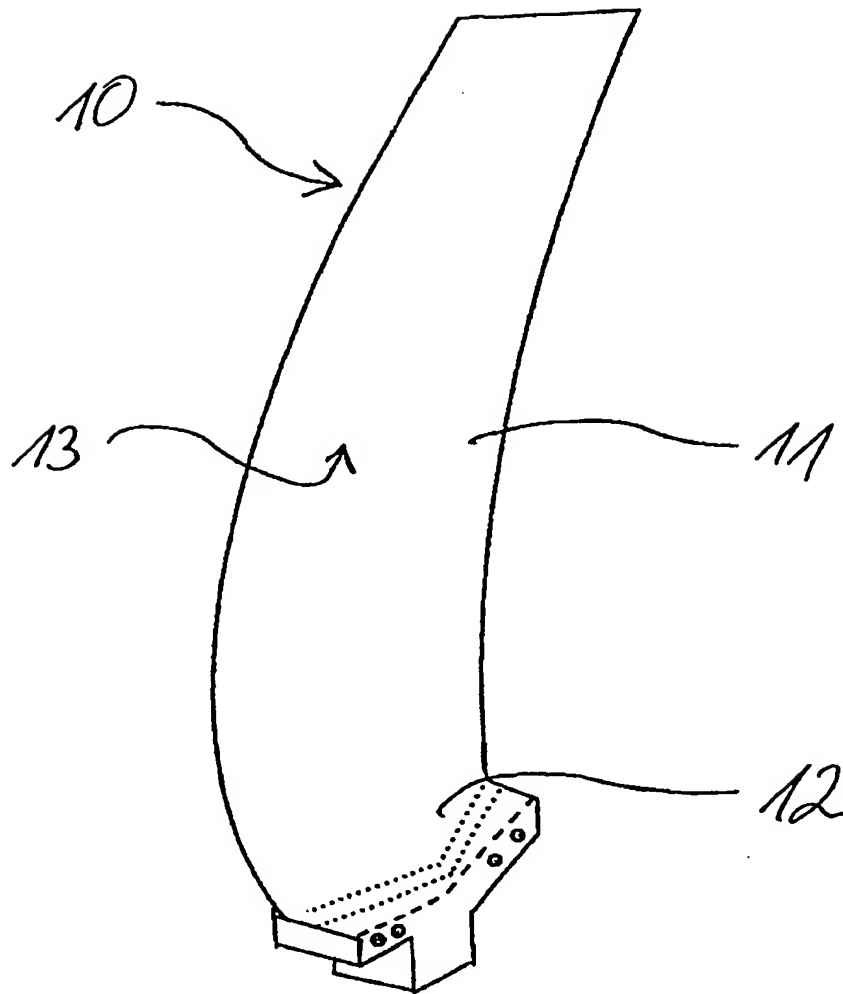


Fig. 1



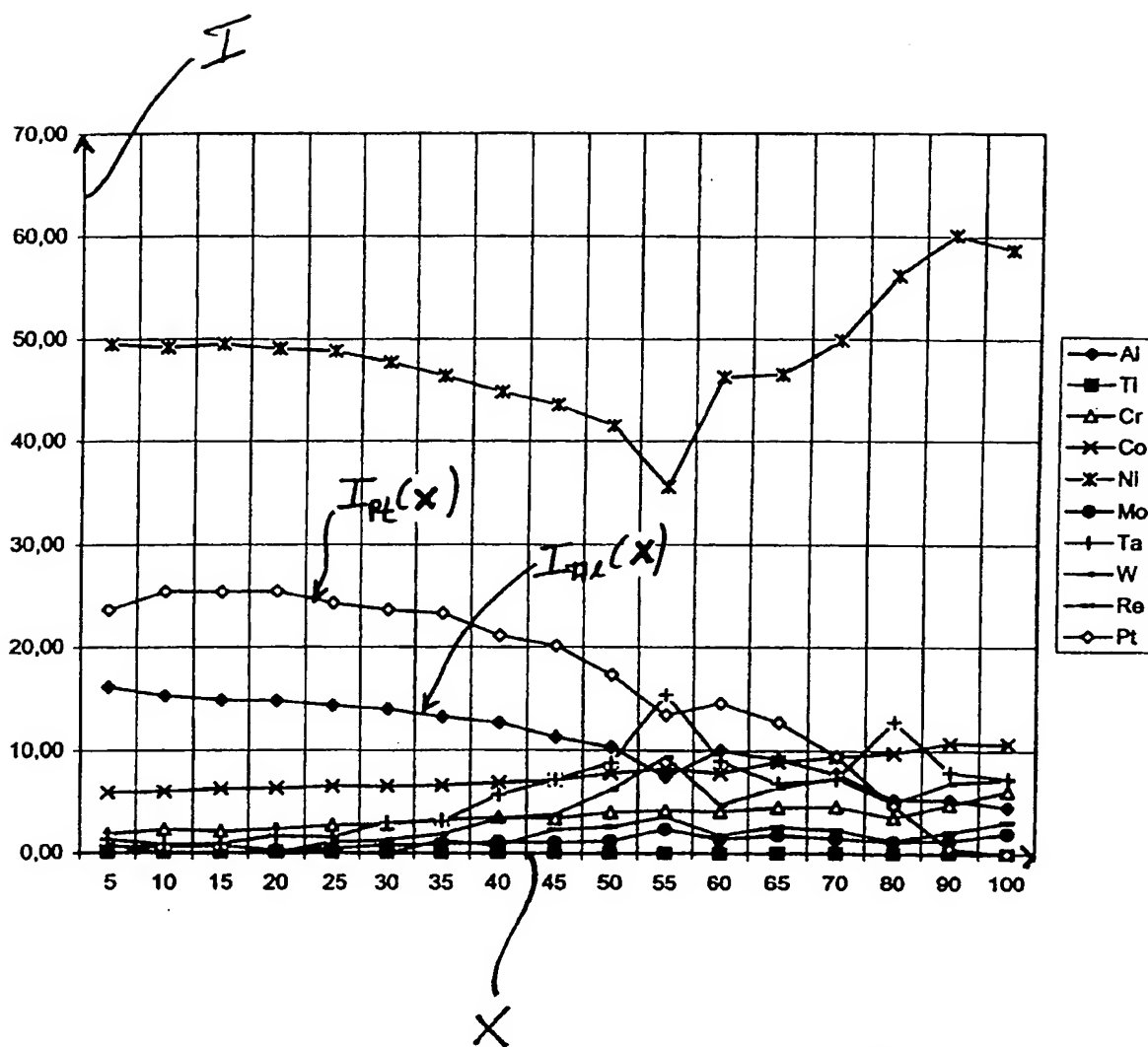


Fig. 2

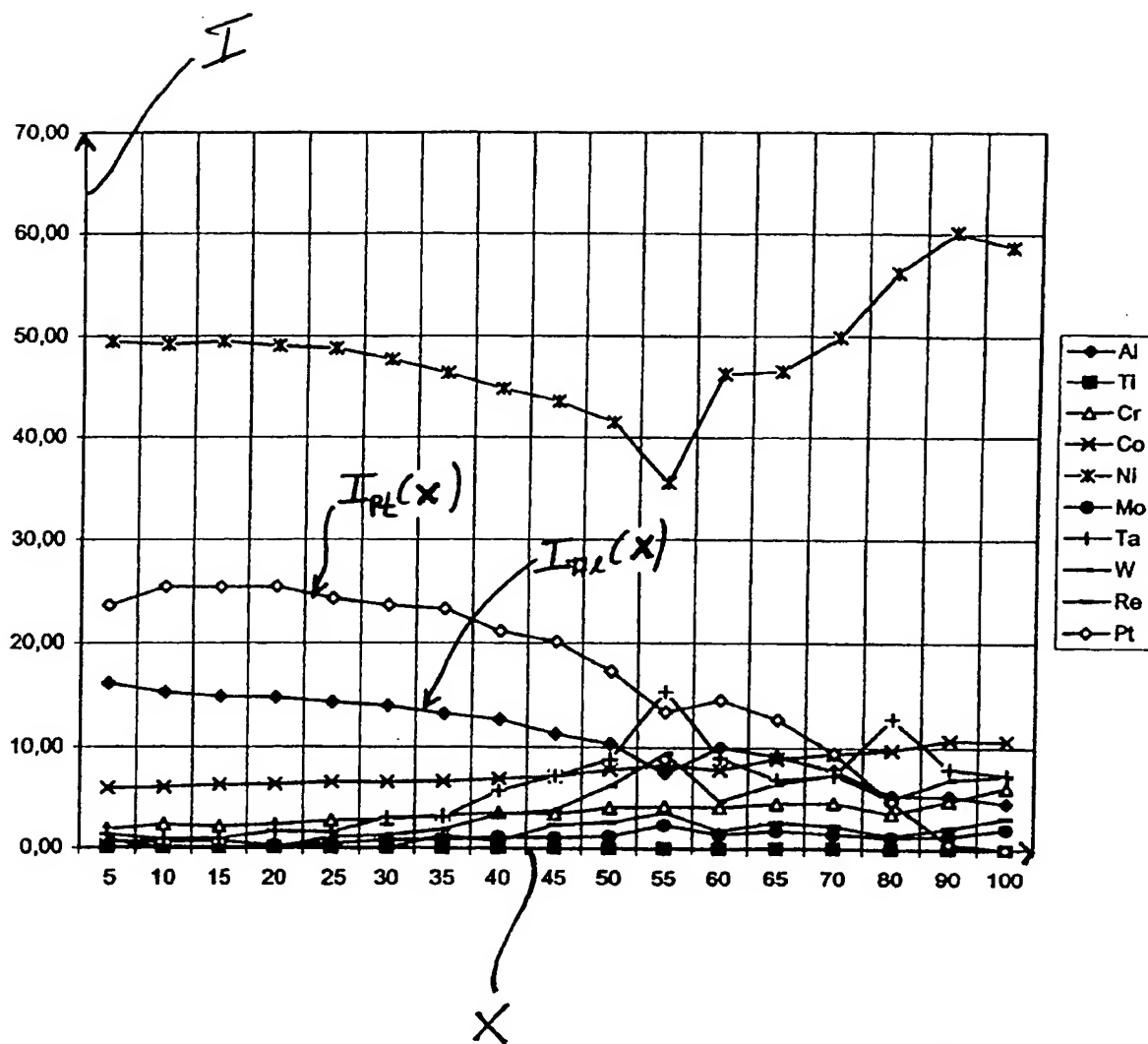


Fig. 2